

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭57—161721

⑬ Int. Cl.³
G 02 B 27/28

識別記号

庁内整理番号
8106—2H

⑭ 公開 昭和57年(1982)10月5日

発明の数 2
審査請求 有

(全 7 頁)

⑮ 偏光解消回路

横須賀市武1丁目2356番地日本
電信電話公社横須賀電気通信研
究所内

⑯ 特 願 昭56—45429

⑰ 出 願 昭56(1981)3月30日

⑱ 発 明 者 猿渡正俊

横須賀市武1丁目2356番地日本
電信電話公社横須賀電気通信研
究所内

⑲ 発 明 者 藤井洋二

⑲ 発 明 者 箕輪純一郎

横須賀市武1丁目2356番地日本
電信電話公社横須賀電気通信研
究所内

⑳ 出 願 人 日本電信電話公社

㉑ 代 理 人 弁理士 山本恵一

明 細 書

1. 発明の名称

偏光解消回路

2. 特許請求の範囲

(1) 直線偏光を入射し互に直交する偏波面を有する第1の直線偏光と第2の直線偏光に分離する偏波分離素子と、上記2つの直線偏光を合成する偏波合成素子と、上記偏波分離素子から上記偏波合成素子に至るまでの第1及び第2の直線偏光の光路のうち、少くともいずれかの光路中に設定される遅延素子とを有し、上記偏波分離素子と上記偏波合成素子のそれぞれの固有偏波面を一致して設定し、上記偏波分離素子の固有偏波面が上記入射直線偏光の偏波面に対して45°傾けてあり、上記遅延素子によって上記第1の直線偏光と上記第2の直線偏光に与えられる光路長の差が可干渉長以上であり、前記偏波合成素子の出力に無偏光が出力されることを特徴とする偏光解消回路。

(2) 直線偏光を入射し楕円偏光に変換する1/4波長板と、上記楕円偏光を互に直交する偏波面の

第1の直線偏光と第2の直線偏光に分離する偏波分離素子と、上記2つの直線偏光を合成する偏波合成素子と、上記偏波分離素子から上記偏波合成素子に至るまでの第1及び第2の直線偏光の光路のうち、少くともいずれかの光路中に設定される遅延素子とを有し、上記偏波分離素子と上記偏波合成素子のそれぞれの固有偏波面を一致して設定し、上記1/4波長板の中性軸を上記偏波分離素子の固有偏波面に対して45°傾けてあり、上記遅延素子によって上記第1の直線偏光と上記第2の直線偏光に与えられる光路長の差が可干渉長以上であり、前記偏波合成素子の出力に無偏光が出力されることを特徴とする偏光解消回路。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、直線偏光を等価的な無偏光に変換する光回路に関するものである。

近年の光ファイバ伝送技術の発展は目覚しく、光源に半導体レーザを用いた単一モードファイバを用いた長距離、大容量の伝送方式の検討もすすめられている。ところで、光源である半導体レー

ザからの出射光はその接合方向に直線偏光しており、その直線偏光が単一モードファイバを伝搬する際、単一モードファイバの複屈折性によりファイバの側圧、ねじり、環境温度などの影響で偏波面の回転が生じるため、ファイバ出射光は偏波面が定まらず、直線偏光や楕円偏光となる。このため、ファイバ出射側に偏波依存性のある光学素子、例えば干渉膜フィルタ、回折格子、金属膜利用のミラーや減衰器など、を用いる場合にはファイバ使用環境のわずかな変動で、それらの素子の特性が変化するという問題が生じてきた。この問題点は最近において指摘、認識されたため、従来、この問題を解決する技術は示されていなかった。

本発明は、このような問題点を解決する最初の光回路であり、ファイバ入射側において直線偏光を等価的な無偏光に変換することを目的とする。

本発明のひとつの特徴は、直線偏光を入射し互に直交する偏波面を有する第1の直線偏光と第2の直線偏光に分離する偏波分離素子と、上記2つの直線偏光を合成する偏波合成素子と、上記偏波分

面を一致して設定し、上記1/4波長板の中性軸を上記偏波分離素子の固有偏波面に対して45°傾けてあり、上記遅延素子によって上記第1の直線偏光と上記第2の直線偏光に与えられる光路長の差が可干渉長以上であり、前記偏波合成素子の出力に無偏光が出力されるとき偏光解消回路にある。

以下図面により実施例を説明する。

第1図は本発明の実施例であり、1は光源、2はレンズ、3は偏波スプリッタ、4は偏波スプリッタ、5は直角プリズム、6はレンズ、7は単一モードファイバである。また、第2図は第1図の実施例の各素子の間の偏波状態を示す図である。第2図を参照しながら、第1図の実施例の動作を説明する。光源1から出た光は直線偏光であり、その偏波面は第2図(A)で示されるように偏波スプリッタ3の固有偏波面に対して45°傾いているものとする。また、偏波スプリッタ3および4はそれぞれの固有偏波面を一致して設定している。この光はレンズ2により平行光に変換され(偏波面は変わらず第2図(A)で示される)、偏波スプリッ

タから上記偏波合成素子に至るまでの第1及び第2の直線偏光の光路のうち、少くともいずれかの光路中に設定される遅延素子とを有し、上記偏波分離素子と上記偏波合成素子のそれぞれの固有偏波面を一致して設定し、上記偏波分離素子の固有偏波面が上記入射直線偏光の偏波面に対して45°傾けてあり、上記遅延素子によって上記第1の直線偏光と上記第2の直線偏光に与えられる光路長の差が可干渉長以上であり、前記偏波合成素子の出力に無偏光が出力されるとき偏光解消回路にある。

本発明の別の特徴は、直線偏光を入射し楕円偏光に変換する1/4波長板と、上記楕円偏光を互に直交する偏波面の第1の直線偏光と第2の直線偏光に分離する偏波分離素子と、上記2つの直線偏光を合成する偏波合成素子と、上記偏波分離素子から上記偏波合成素子に至るまでの第1及び第2の直線偏光の光路のうち、少くともいずれかの光路中に設定される遅延素子とを有し、上記偏波分離素子と上記偏波合成素子のそれぞれの固有偏波

面を一致して設定し、上記1/4波長板の中性軸を上記偏波分離素子の固有偏波面に対して45°傾けてあり、上記遅延素子によって上記第1の直線偏光と上記第2の直線偏光に与えられる光路長の差が可干渉長以上であり、前記偏波合成素子の出力に無偏光が出力されるとき偏光解消回路にある。

以下図面により実施例を説明する。

第1図は本発明の実施例であり、1は光源、2はレンズ、3は偏波スプリッタ、4は偏波スプリッタ、5は直角プリズム、6はレンズ、7は単一モードファイバである。また、第2図は第1図の実施例の各素子の間の偏波状態を示す図である。第2図を参照しながら、第1図の実施例の動作を説明する。光源1から出た光は直線偏光であり、その偏波面は第2図(A)で示されるように偏波スプリッタ3の固有偏波面に対して45°傾いているものとする。また、偏波スプリッタ3および4はそれぞれの固有偏波面を一致して設定している。この光はレンズ2により平行光に変換され(偏波面は変わらず第2図(A)で示される)、偏波スプリッタ3に入射する。偏波スプリッタ3では、偏波面が直交する二つの直線偏光(第2図(B)、(C)で示される)に等しい光電力で分離し、第2図(B)で示される直線偏光は第1図(C)の光路をとってそのまま偏波スプリッタ4に入射し、第2図(C)で示される直線偏光は第1図(D)の光路をとって直角プリズム5を経由して偏波スプリッタ4に入射する。これら二つの直交する直線偏光は偏波スプリッタ4で第2図(D)のように合成され、レンズ6により単一モードファイバ7に結合される。ここで、第2図(B)および(C)で示される直線偏光が、偏波スプリッタ3から出射し、偏波スプリッタ4に入射するまでの光路長の差ΔLすなわち、第1図(C)の光路長と(D)の光路長の差が可干渉長よりも長ければ、もはや、これらの直交する直線偏光は干渉しないため偏波スプリッタ4からの出射光は独立に存在することになる。このような状態で単一モードファイバを励振すると、ファイバ伝搬中において、単一モードファイバの複屈折性によりそれぞれの直交する励振直線偏光は第3図(a)、(b)に示すように偏

波の状態を変えながら伝搬する。このとき、それぞれの励振直線偏光より変化した楕円偏光の主軸は常に直交しているため、どのような方向に対しても等しい光電力を常に得ることができる。一方、光路長の差 ΔL が可干渉長以内であれば、第2図(B)および(C)の偏波は偏波スプリッタ4で合成する時に干渉し、第2図(D)に示すように、光路長の差 ΔL によって直線偏光となったり、楕円偏光、円偏光となったりする。直線偏光励振では単一モードファイバ伝搬中に楕円偏光に変換されることを考えると、このような励振方法は不都合であることは明らかである。

可干渉長は光源1のコヒーレンスの度合で決まり、波長 λ 、スペクトル拡がり $\Delta\lambda$ の場合においては、可干渉長 L_c は、

$$L_c \sim \lambda^2 / \Delta\lambda$$

で与えられる。例えば、 $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ 、 $\Delta\lambda = 1 \text{ \AA}$ (現在実現している半導体レーザでは $\Delta\lambda = 10 \text{ \AA} \sim 20 \text{ \AA}$) とすると、 $L_c \sim 17 \text{ mm}$ となり、 $\Delta L = 20 \text{ mm} \sim 30 \text{ mm}$ 程度にしておけば良い。第4図

岐し、それぞれの分岐光を光路差をつけて合成するため、実際の伝送システムに適用する際には、そのシステムの符号伝送速度と、上記の二つの光路の遅延時間差 Δt が問題となる。例えば、第5図に示すようにクロック周期 T_0 でデューティ50%のRZ符号が伝送されるとし、 $\Delta t \ll T_0$ でないと、分岐光は偏波スプリッタ4に第5図(a)、(b)のような位相関係で入射するため、合成光は(c)の実線のようになり(破線は本来の波形を示す)、波形の歪みを生ずる。そこで、 $\Delta L = 30 \text{ mm}$ の場合について、許容できる符号伝送速度を算定すると、 $\Delta t = 100 \text{ psec}$ であるため、 $\sim 500 \text{ Mbit/sec}$ の符号伝送速度が得られる。従って、ギガビット伝送のような将来の超高速伝送を除いて、通常のシステムにおいては何ら支障なく本発明は適用できる。

以上、第1図と第2図を用いて詳しく説明した本発明の原理をまとめると、直線偏光した平行光を第1の偏波スプリッタにより互に直交する偏波面の直線偏光に等しい光電力で分離し、この第1

(a)には、第1図の実施例の効果を、光源1に波長 $1.3 \mu\text{m}$ の半導体レーザを偏波スプリッタ3および4は偏光分離度が約15 dBのものを、直角プリズムはBK-7ガラスで製作し、その長辺の長さが4 cmのものをを用いて、5 mの単一モードファイバ伝送後の偏波状態を偏光板を回転して測定した結果を示す。第4図(b)には参考として円偏光で上記単一モードファイバを励振した場合について示す。第4図(a)および(b)にはそれぞれ単一モードファイバの状態を変えた三つの場合について示した。第4図(a)、(b)を比較して明らかなように、円偏光励振の場合には干渉によって直線偏光に変わる傾向が示され、その偏光度は(偏光板を透過する光電力は偏光板の回転角に対して正弦状に変化し、その最大光電力 P_{max} と最小光電力 P_{min} とから $(P_{\text{max}} - P_{\text{min}}) / (P_{\text{max}} + P_{\text{min}})$ を偏光度と定義する)、0.2 ~ 1.0 (直線偏光) である。又偏光面も回転している。一方本発明の場合には、ファイバの状態によらず偏光度0.1が得られている。なお、本実施例においては、光源1の出力光を分

の直線偏光と第2の直線偏光とを第2の偏波スプリッタに入射し、合成するもので、第1の偏波スプリッタから出射して第2の偏波スプリッタに入射するまでの第1の直線偏光と第2の直線偏光との光路長の差を可干渉長以上することにより、第2の偏波スプリッタからの出射光として等価的な無偏光を得るものである。このことから明らかなように第1図の偏波スプリッタ3および偏波スプリッタ4は直線偏光を直交する偏波面の二つの直線偏光に分離、あるいはこれらの直線偏光を合成できるものであれば良く、ウォラストンプリズム、ロションプリズム、サバーン板、グラン・トムソンプリズム、ニコルプリズム、パイル・オブ・プレイツ、グラン・フーコープリズム、複屈折バルクなどのいずれの複像素子を用いても効果は同じである。また、第1図の直角プリズム5は第2の直線偏光をその偏波面を変えることなく第1の直線偏光に対して可干渉長以上の光路長差を与えて偏波プリズム4に入射させるもので、遅延回路の機能を有している。したがって、第1の直線偏光

と第2の直線偏光との可干渉長以上の光路長差を得る方法として、直角プリズム5の代りに使用波長域で透明であるガラスや各種結晶を用いた屈折率の差を利用する方法、あるいは物理的長さを遠える方法、さらにこれらの方法を組み合わせた方法（直角プリズム5はこの方法に相当する）のいずれも用いることができる。

第6図は本発明の別の実施例であり、偏波分離素子としてサパール板、遅延回路としてガラス棒を用いた例である。8は光源、9はレンズ、10はサパール板、11はサパール板、12はガラス棒、13はレンズ、14は単一モードファイバである。サパール板10および11はそれぞれの固有偏波面を一致させて設定している。本実施例では、サパール板10にその固有偏波面に対して45°傾いた偏波面の直線偏光を入射すると、互に直交する二つの直線偏光が等しい光電力で位置がずれて出射するので、そのうちの一つの直線偏光の光路中におかれたガラス棒12により、もう一つの直線偏光に対して可干渉長以上の光路長差を

等価的な無偏光が得られる。以上の実施例の他にも先に述べた偏波分離素子と遅延回路の組み合わせで種々の実施例が構成できる。

以上の第1図、第6図、第7図の実施例においては偏波分離素子に入射する直線偏光の偏波面は既知で変わらないものであると考えてきた。このような実施例においては、実際に使用する際、入射光の偏波面を本発明を構成する偏波分離素子の固有偏波面に対して正確に45°傾けて設定する必要がある。

このような点に対処して、どのような偏波面の直線偏光に対しても用いることのできる本発明の実施例を第8図に示す。以下、詳細に説明する。

第8図は本発明の実施例であって、22は光源、23はレンズ、24は1/4波長板、25は偏波スプリッタ、26は偏波スプリッタ、27は直角プリズム、28はレンズ、29は単一モードファイバである。本実施例はレンズ23と偏波スプリッタ25の間に1/4波長板24が挿入されている以外は第1図の実施例と同じ構成である。1/4波長

つくり、サパール板11で上記二つの直線偏光を合成して等価的な無偏光を得るものである。

第7図はさらに別の実施例であって、偏波分離素子としてロシヨンプリズム、遅延回路として物理的な長さによる方法を用いた例であり、光路の変換に全反射ミラーを用いている。15は光源、16はレンズ、17はロシヨンプリズム、18はロシヨンプリズム、19は全反射ミラー、20はレンズ、21は単一モードファイバである。ロシヨンプリズム17および18はそれぞれの固有偏波面を一致させて設定している。本発明ではロシヨンプリズム17にその固有偏波面に対して45°傾いた偏波面の直線偏光を入射すると互に直交する二つの直線偏光が等しい光電力で分離し、一つの直線偏波は直進し、別の直線偏光は斜め方向に出射する。したがって、この斜め方向に出射する直線偏光を全反射ミラー19により光路を変換して上記の直進した直線偏光とともにロシヨンプリズム18に入射すれば、光路の物理的長さの差により可干渉長以上の光路長差をもって合成され、

板24はその中性軸（速い軸と遅い軸があり互に直交している）が偏波スプリッタ25および26の固有偏波面に対して45°傾けて設定している。光源22から出た直線偏光はレンズ23により平行光に変換され1/4波長板24に入射する。このとき、その偏波面が第9図に示すように1/4波長板24の遅い軸に対して角度θ傾いているものとすると、直線偏光の遅い軸成分 E_s と速い軸成分 E_f は

$$\begin{cases} E_s = E_0 \cos\theta \cdot \cos\omega t \\ E_f = E_0 \sin\theta \cdot \sin\omega t \end{cases}$$

で示される。これは、直線偏光が1/4波長板24を通過することにより、楕円偏光に変換されることを示しており、その主軸は1/4波長板24の中性軸に一致している（第10図参照）。特にθ=45°の場合には円偏光、θ=0°あるいはθ=90°の場合には直線偏光である。さて、楕円偏光は偏波スプリッタ25に入射するわけであるが、偏波スプリッタ25の固有偏波面に対してこの楕円偏光がどのような電界成分（ここでは E_x

E_y と記す)を持っているかを示すと、 $1/4$ 波長板 24 の中性軸が偏波スプリッタ 25 の固有偏波面に対して 45° 傾いていることから、

$$\begin{cases} E_x = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \cos(\omega t + \theta) \\ E_y = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \cos(\omega t - \theta) \end{cases}$$

となる。すなわち、これらは電界強度は等しく、位相が 2θ だけずれていることを示している。従って、 $1/4$ 波長板 24 へ入射する直線偏光の偏波面が $1/4$ 波長板 24 の中性軸に対してどのような角度で傾いていても、偏波スプリッタ 25 によって互いに直交する偏波面で等しい光電力の二つの直線偏波に分岐することができる。二つの直線偏光に分岐した後の動作は第 1 図により詳しく説明した通りであり、偏光スプリッタ 26 によって合成することにより等価的な無偏光が得られる。

本実施例では以上の説明から明らかなように、光源である半導体レーザの偏波面と偏波分離素子の固有偏波面の光軸まわりの回転調整は不要である。

実験結果を示す図、第 5 図(a)～(c)は本発明の符号伝送速度に対する使用可能限界を説明するための図、第 6 図は本発明の別の実施例を示す図、第 7 図は本発明の更に別の実施例を示す図、第 8 図は本発明のさらに別の実施例を示す図、第 9 図は第 8 図の実施例の動作を説明するための偏波を示す図、第 10 図は第 8 図の実施例の動作を説明するための偏波を示す図である。

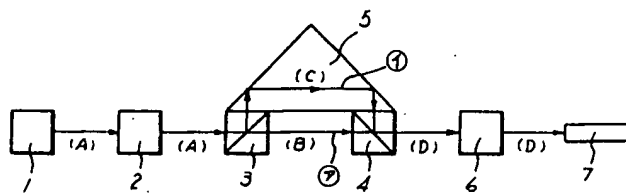
1…光源、2…レンズ、3…偏波スプリッタ、4…偏波スプリッタ、5…直角プリズム、6…レンズ、7…単一モードファイバ、8…光源、9…レンズ、10…サパール板、11…サパール板、12…ガラス棒、13…レンズ、14…単一モードファイバ、15…光源、16…レンズ、17…ロジックプリズム、18…ロジックプリズム、19…全反射ミラー、20…レンズ、21…単一モードファイバ、22…光源、23…レンズ、24… $1/4$ 波長板、25…偏波スプリッタ、26…偏波スプリッタ、27…直角プリズム、28…レンズ、29…単一モードファイバ。

以上説明したように、本発明においては直線偏光した平行光を第 1 の偏波分離素子により互に直交する偏波面の直線偏光に等しい光電力で分離し、この二つの直線偏光のうち一つの直線偏光の光路長を他の直線偏光の光路長に比べて可干渉長以上にしてこれら二つの直線偏光を第 2 の偏波分離素子に入射・合成することにより等価的な無偏光を得ている。したがって、単一モードファイバ伝送系においてファイバ入射側に本発明の回路を挿入することにより、単一モードファイバを等価的に無偏光で励振することができ、偏波依存性のある素子、回路を特性の変化なく使用できるという利点がある。

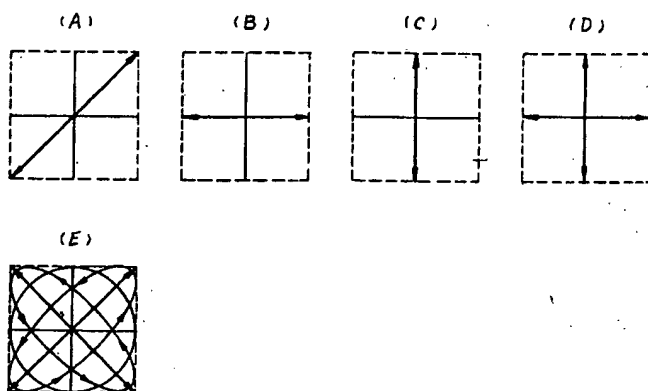
4. 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明による偏光解消回路の 1 構成例を示す図、第 2 図(a)～(d)は第 1 図の装置における各部の偏波を示す図、第 3 図(a)及び(b)は第 1 図の装置で得られる等価的な無偏光で励振した場合の単一モードファイバ伝搬中の偏波状態を示す図、第 4 図(a)及び(b)は第 1 図の実施例の効果を示した

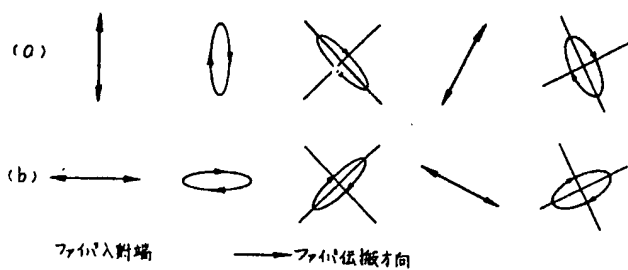
第1図



第2図

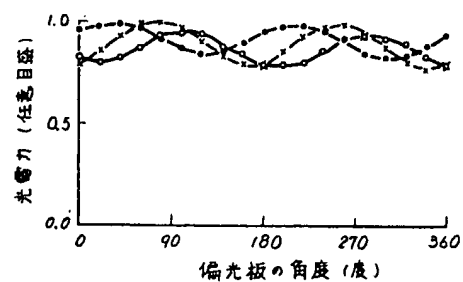


第3図

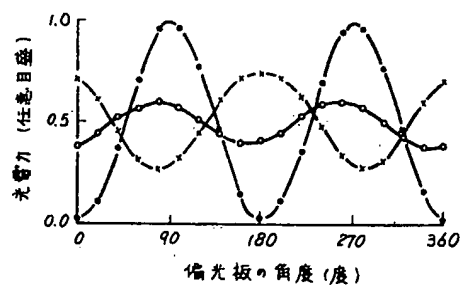


第4図

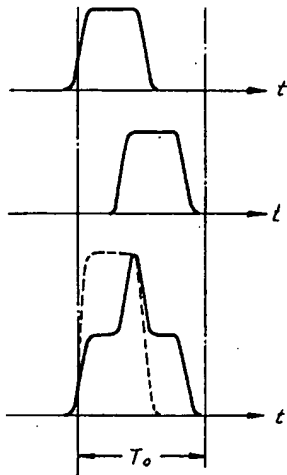
(a)



(b)



第5図

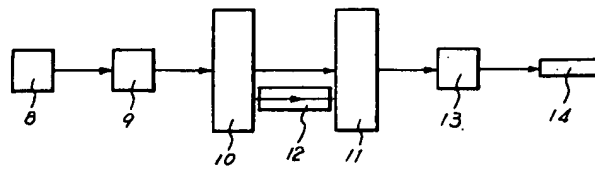


(a)

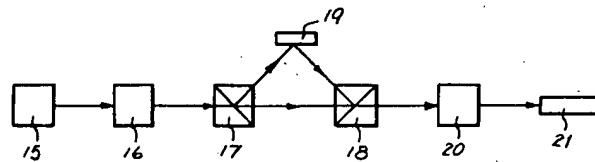
(b)

(c)

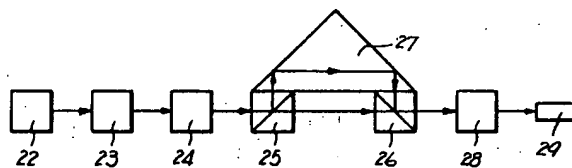
第6図



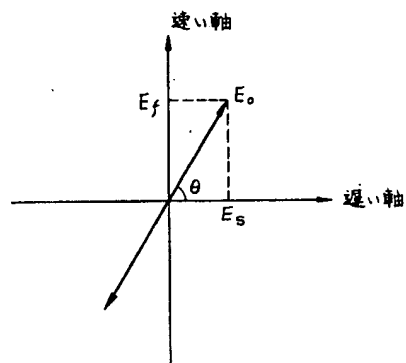
第7図



第8図



第9図



第10図

